

PCT/JP2004/004830

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

02. 4. 2004

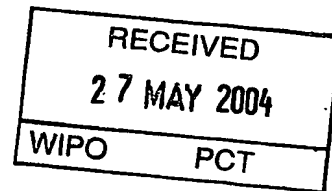
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 4 月 4 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 0 1 7 3 6
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 0 1 7 3 6]

出 願 人 大日本印刷株式会社
Applicant(s):

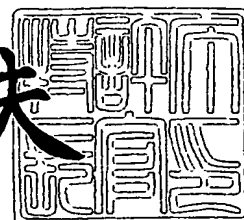


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 5 月 1 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 4 0 1 1 0

【書類名】 特許願

【整理番号】 NDN03407

【提出日】 平成15年 4月 4日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G03H 1/08

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都新宿区市谷加賀町一丁目 1 番 1 号
 大日本印刷株式会社内

 【氏名】 北村 満

【特許出願人】

 【識別番号】 000002897

 【氏名又は名称】 大日本印刷株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100097777

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 荻澤 弘

【選任した代理人】

 【識別番号】 100088041

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 阿部龍吉

【選任した代理人】

 【識別番号】 100092495

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 蛭川昌信

【選任した代理人】

 【識別番号】 100092509

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 白井博樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100095120

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田 亘彦

【選任した代理人】

【識別番号】 100095980

【弁理士】

【氏名又は名称】 菅井 英雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100094787

【弁理士】

【氏名又は名称】 青木 健二

【選任した代理人】

【識別番号】 100091971

【弁理士】

【氏名又は名称】 米澤 明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014960

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9004649

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 計算機合成ホログラム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物体光の複素振幅が記録され観察方向に応じて複数の画像が選択的に再生可能な計算機合成ホログラムにおいて、

ホログラムの観察側と反対側に空間的に仮想点光源群が設定され、前記仮想点光源群の各々の仮想点光源から観察側へ発散する発散光の放射輝度角度分布 $A_{\omega_{ci}}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ が角度分割されて、それぞれの分割角度内では前記仮想点光源群の面に位置する別々の画像のその仮想点光源位置での画素の濃度あるいはその濃度と一定の関係にある値に等しい振幅の点から発散する発散光に等しいものに設定されてなる発散光が物体光として前記仮想点光源群の発散光入射側の何れかの位置で記録されてなることを特徴とする計算機合成ホログラム。

【請求項 2】 前記仮想点光源群の仮想点光源各々が 1 次元的な点光源であって 2 次元的な直線状光源からなることを特徴とする請求項 1 記載の計算機合成ホログラム。

【請求項 3】 物体光の複素振幅が記録され観察方向に応じて複数の画像が選択的に再生可能な計算機合成ホログラムにおいて、

所定の再生照明光を入射させたとき、ホログラムの観察側と反対側の空間的な仮想点群の各々の点からその観察側に発散するような回折光であって、各仮想点からホログラムの観察側に発散するように進む光の輝度角度分布が回折角度方向に応じて角度分割されており、それぞれの分割角度内では前記仮想点群の面に位置する別々の記録画像のその仮想点位置での画素の濃度あるいはその濃度と一定の関係にある値に等しい振幅の点から発散する発散光に等しい回折光を再生することを特徴とする計算機合成ホログラム。

【請求項 4】 前記仮想点群の仮想点各々が 1 次元的な点であって 2 次元的な直線からなることを特徴とする請求項 3 記載の計算機合成ホログラム。

【請求項 5】 物体光の複素振幅が記録され観察方向に応じて複数の画像が選択的に再生可能な計算機合成ホログラムにおいて、

ホログラムの観察側に空間的に仮想集光点群が設定され、前記仮想集光点群の

各々の仮想集光点に観察側と反対側から入射する収束光の輝度角度分布 T_{WLci} (θ_{xz} , θ_{yz}) が角度分割されて、それぞれの分割角度内では前記仮想集光点群の面に位置する別々の画像のその仮想集光点位置での画素の濃度あるいはその濃度と一定の関係にある値に等しい振幅の点に収束する収束光に等しいものに設定されなる収束光が物体光として前記仮想集光点群の収束光入射側の何れかの位置で記録されてなることを特徴とする計算機合成ホログラム。

【請求項 6】 前記仮想集光点群の仮想集光点各々が 1 次元的な集光点であって 2 次元的な直線状集光線からなることを特徴とする請求項 5 記載の計算機合成ホログラム。

【請求項 7】 物体光の複素振幅が記録され観察方向に応じて複数の画像が選択的に再生可能な計算機合成ホログラムにおいて、

所定の再生照明光を入射させたとき、ホログラムの観察側の空間的な仮想点群の各々の点を通してその観察側で発散するような回折光であって、各仮想点へ収束するように進む光の輝度角度分布が回折角度方向に応じて角度分割されており、それぞれの分割角度内では前記仮想点群の面に位置する別々の記録画像のその仮想点位置での画素の濃度あるいはその濃度と一定の関係にある値に等しい振幅の点へ収束する収束光に等しい回折光を再生することを特徴とする計算機合成ホログラム。

【請求項 8】 前記仮想点群の仮想点各々が 1 次元的な点であって 2 次元的な直線からなることを特徴とする請求項 7 記載の計算機合成ホログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、計算機合成ホログラムに関し、特に、解像度が高く視差数の多い計算機合成ホログラフィックステレオグラムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

観察方向により複数の画像を切り替えて観察者に観察させることのできる媒体としてステレオグラムがある。現在広く用いられているのは、印刷媒体上にレン

チキュラレンズや蠅の目レンズ等のレンズアレイを配置したステレオグラムである。

【0003】

このようなステレオグラムを用いると、観察方向を変化させることにより全く異なった複数の画像を切り替えて観察者に観察させることができる。また、ステレオグラムを用いると、観察方向を変化させることにより、ある立体物を観察方向に対応した方向から観察した画像を観察者に観察させることができ、この場合、観察者は、立体物を立体感を持って観察できる。さらに、ステレオグラムを用いると、観察方向を変化させることにより徐々に変化する複数の画像を観察者に観察させることができ、この場合、観察者は、変化する複数の画像を一連のアニメーションとして観察することができる。以上に説明した複数画像の切り替え表示、立体感のある画像表示、アニメーション効果を持った画像表示は同時に組み合わせる可以实现することができる。

【0004】

ステレオグラム以外に、特許文献1に画面を画素群から構成し、各画素を複数の領域に分割し、各領域に異なる回折格子を割り当て、異なる方向から見たときにその方向に回折光を出す回折格子領域の集合により異なる画像が観察できるようにしたものが提案されている。

【0005】

【特許文献1】

特許第2795698号公報

【0006】

【特許文献2】

特開2002-72837号公報

【0007】

【非特許文献1】

辻内順平著「物理学選書22. ホログラフィー」pp. 33~36 ((株) 裳華房発行 (1997年11月5日))

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

上記のレンチキュラレンズや蠅の目レンズ等のレンズアレイを伴った印刷物からなるステレオグラムは、レンズアレイという物理的な画素構造を必要とするため、解像度が低く、製品が厚くなるという短所がある。また、細かな印刷が必要であり、有限の領域が必要であるので、解像度の向上と視差数の増加を両立できない。

【0009】

また、特許文献1で提案されているものは、有限の大きさの画素を視差方向毎に区切って回折格子を割り当てて使うため、同様に有限の領域が必要であり、解像度の向上と視差数の増加を両立できない。

【0010】

本発明は上記した従来技術の短所を解決するためになされたものであり、その目的は、非常に解像度が高く、視差数の多い計算機合成ホログラフィックステレオグラムを提供することである。

【0011】**【課題を解決するための手段】**

上記目的を達成する本発明の第1の計算機合成ホログラムは、物体光の複素振幅が記録され観察方向に応じて複数の画像が選択的に再生可能な計算機合成ホログラムにおいて、

ホログラムの観察側と反対側に空間的に仮想点光源群が設定され、前記仮想点光源群の各々の仮想点光源から観察側へ発散する発散光の放射輝度角度分布 $A_{\text{PLci}}(\theta_{\text{xz}}, \theta_{\text{yz}})$ が角度分割されて、それぞれの分割角度内では前記仮想点光源群の面に位置する別々の画像のその仮想点光源位置での画素の濃度あるいはその濃度と一定の関係にある値に等しい振幅の点から発散する発散光に等しいものに設定されなる発散光が物体光として前記仮想点光源群の発散光入射側の何れかの位置で記録されてなることを特徴とするものである。

【0012】

この場合、仮想点光源群の仮想点光源各々が1次元的な点光源であって2次元的な直線状光源からなってもよい。

【0013】

本発明の第2の計算機合成ホログラムは、物体光の複素振幅が記録され観察方向に応じて複数の画像が選択的に再生可能な計算機合成ホログラムにおいて、

所定の再生照明光を入射させたとき、ホログラムの観察側と反対側の空間的な仮想点群の各々の点からその観察側に発散するような回折光であって、各仮想点からホログラムの観察側に発散するように進む光の輝度角度分布が回折角度方向に応じて角度分割されており、それぞれの分割角度内では前記仮想点群の面に位置する別々の記録画像のその仮想点位置での画素の濃度あるいはその濃度と一定の関係にある値に等しい振幅の点から発散する発散光に等しい回折光を再生することを特徴とするものである。

【0014】

この場合、仮想点群の仮想点各々が1次元的な点であって2次元的な直線からなっているもよい。

【0015】

本発明の第3の計算機合成ホログラムは、物体光の複素振幅が記録され観察方向に応じて複数の画像が選択的に再生可能な計算機合成ホログラムにおいて、

ホログラムの観察側に空間的に仮想集光点群が設定され、前記仮想集光点群の各々の仮想集光点に観察側と反対側から入射する収束光の輝度角度分布 T_{WLci} (θ_{xz} , θ_{yz}) が角度分割されて、それぞれの分割角度内では前記仮想集光点群の面に位置する別々の画像のその仮想集光点位置での画素の濃度あるいはその濃度と一定の関係にある値に等しい振幅の点に収束する収束光に等しいものに設定されてなる収束光が物体光として前記仮想集光点群の収束光入射側の何れかの位置で記録されてなることを特徴とするものである。

【0016】

この場合、仮想集光点群の仮想集光点各々が1次元的な集光点であって2次元的な直線状集光線からなっているもよい。

【0017】

本発明の第4の計算機合成ホログラムは、物体光の複素振幅が記録され観察方向に応じて複数の画像が選択的に再生可能な計算機合成ホログラムにおいて、

所定の再生照明光を入射させたとき、ホログラムの観察側の空間的な仮想点群の各々の点を通してその観察側で発散するような回折光であって、各仮想点へ収束するように進む光の輝度角度分布が回折角度方向に応じて角度分割されており、それぞれの分割角度内では前記仮想点群の面に位置する別々の記録画像のその仮想点位置での画素の濃度あるいはその濃度と一定の関係にある値に等しい振幅の点へ収束する収束光に等しい回折光を再生することを特徴とするものである。

【0018】

この場合、仮想点群の仮想点各々が1次元的な点であって2次元的な直線からなっているもよい。

【0019】

本発明においては、異なる複数の画像を再生する面であって、ホログラム面から離れた面に、放射方向に応じて異なった画像のその方向の放射輝度を持った仮想点光源あるいは集光方向に応じて異なった画像のその方向の輝度に等しい放射輝度を持った仮想集光点を多数定義し、それらの仮想点光源から放射する光あるいはそれらの仮想集光点に集光する光を仮想的な物体光として計算機合成ホログラムを作成するようにしたので、高解像度で多数の画像を記録再生できるホログラム撮影の不要な計算機合成ホログラムが得られる。本発明により、例えば、解像度が高く視差数の多い計算機合成ホログラフィックステレオグラムが可能になる。

【0020】

【発明の実施の形態】

本発明の計算機合成ホログラムの基本原理は、視差画像等の複数の画像を再生する面であって、ホログラム面から離れた面に、放射方向に応じて異なった画像のその方向の放射輝度を持った仮想点光源あるいは集光方向に応じて異なった画像のその方向の輝度に等しい放射輝度を持った仮想集光点を多数定義し、それらの仮想点光源から放射する光あるいはそれらの仮想集光点に集光する光を仮想的な物体光として計算機合成ホログラムを作成することで、高解像度で、例えば視差数の多い画像を記録でき、かつ、ホログラム撮影の不要な計算機合成ホログラム（CGH）を作成するものである。

【0021】

以下、本発明の計算機合成ホログラムの原理を説明する。

【0022】

図1に原理説明図に示すように、 z 軸に沿ってプラス方向に仮想点光源群11、CGH12、観察者Mの順に配置し、CGH12の中心を座標原点とし、 x 軸、 y 軸を相互に直交し、 z 軸に直交する方向に定める。仮想点光源群11の座標を (x_1, y_1, z_1) 、CGH12の座標を (x_2, y_2, z_2) とし、 i 番目の仮想点光源を $Q_i(x_1, y_1, z_1)$ とし、CGH12の j 番目のセルを $P_j(x_2, y_2, z_2)$ とし、 Q_i と P_j を結ぶ直線 $Q_i P_j$ とする。観測者Mの視点が直線 $Q_i P_j$ の延長線上にあるとし、観測者Mの視点から観察可能な仮想点光源 $Q_i(x_1, y_1, z_1)$ での θ_{xz} 、 θ_{yz} 方向の波長 λ_c での放射輝度を $A_{WLCi}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ とする。ここで、 θ_{xz} は直線 $Q_i P_j$ を $x-z$ 面へ投影したときの z 軸とのなす角度、 θ_{yz} は直線 $Q_i P_j$ を $y-z$ 面へ投影したときの z 軸とのなす角度である。

【0023】

仮想点光源 Q_i の初期位相を ϕ_{WLCi} 、 r_{ij} を Q_i と P_j の距離とすると、 $P_j(x_2, y_2, z_2)$ での物体波1の複素振幅値 $O_{WLC}(x_2, y_2, z_2)$ は、

$$O_{WLC}(x_2, y_2, z_2) = \sum_{i=1}^M \{ A_{WLCi}(\theta_{xz}, \theta_{yz}) / |r_{ij}| \} \\ \times \exp [j \{ (2\pi / \lambda_c) r_{ij} + \phi_{WLCi} \}] \quad \dots (1)$$

)となる。

【0024】

ここで、仮想点光源 $Q_i(x_1, y_1, z_1)$ からの放射輝度 $A_{WLCi}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ を θ_{xz} 、 θ_{yz} に関して角度分割して、それぞれの分割角度内では別々の画像のその仮想点光源 $Q_i(x_1, y_1, z_1)$ の位置での画素のその角度方向の放射輝度を割り当てる。例えば、 θ_{xz} を $-\pi/2 \sim \pi/2$ の角度範囲で $\theta_{xz0} \sim$

$\theta_{xz1} \sim \theta_{xz2} \sim \dots \sim \theta_{xzm}$ 、 θ_{yz} を $-\pi/2 \sim \pi/2$ の角度範囲で $\theta_{yz0} \sim \theta_{yz1} \sim \theta_{yz2} \sim \dots \sim \theta_{yzn}$ に例えば等角度間隔に角度分割し、 $\theta_{xz0} \sim \theta_{xz1}$ 、 $\theta_{yz0} \sim \theta_{yz1}$ の範囲には画像 I_{11} の仮想点光源 Q_i の位置での濃度 I_{11i} を、 $\theta_{xz1} \sim \theta_{xz2}$ 、 $\theta_{yz0} \sim \theta_{yz1}$ の範囲には画像 I_{21} の仮想点光源 Q_i の位置での濃度 I_{21i} を、 \dots 、 $\theta_{xzm-1} \sim \theta_{xzm}$ 、 $\theta_{yzn-1} \sim \theta_{yzn}$ の範囲には画像 I_{mn} の仮想点光源 Q_i の位置での濃度 I_{mni} を放射輝度を割り当てる。

【0025】

すなわち、分かりやすく言えば、図1において、仮想点光源 Q_i (x_1 , y_1 , z_1) から視差1方向に出る物体波1には、第1の画像 I_1 例えば文字“A”の画素位置 i での濃度を振幅として持った波とし、視差2方向に出る物体波1には、第2の画像 I_2 例えば文字“B”の画素位置 i での濃度を振幅として持った波とし、同様に、視差8方向に出る物体波1には、第8の画像 I_8 例えば文字“H”の画素位置 i での濃度を振幅として持った波とし、これらの“A”、“B”、 \dots 、“H”の画素位置 i での濃度を視差方向に応じて同時に持った物体波1を合成する。その物体波1が式(1)で表される。

【0026】

ここで、CGH12に入射する平行光からなる参照光2の入射ベクトルを(R_x , R_y , R_z)、その波長 λ_c の振幅を R_{WLC0} 、その座標原点での位相を ϕ_{RWLC} とすると、参照光2の複素振幅値 R_{WLC} (x_2 , y_2 , z_2)は、

$$R_{WLC}(x_2, y_2, z_2) = R_{WLC0} \cdot \exp \left[j \left\{ (2\pi/\lambda_c) \times (R_x x_2 + R_y y_2 + R_z z_2) / (R_x^2 + R_y^2 + R_z^2)^{1/2} + \phi_{RWLC} \right\} \right] \dots (2)$$

)となる。

【0027】

P_j (x_2 , y_2 , z_2)での物体波1と参照光2とによる干渉縞の強度値 I_{WLC} (x_2 , y_2 , z_2)は、

$$I_{WLC}(x_2, y_2, z_2)$$

$$= | O_{WLc} (x_2, y_2, z_2) + R_{WLc} (x_2, y_2, z_2) | \quad \dots (2)$$

3) となる。

【0028】

以上において、 Q_i と P_j の距離 r_{ij} は、

$$r_{ij} = \{ (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 \}^{1/2} \quad \dots (4)$$

) 直線 $Q_i P_j$ を $x-z$ 面へ投影したときの z 軸とのなす角度 θ_{xz} は、

$$\theta_{xz} = \tan^{-1} \{ (x_2 - x_1) / (z_2 - z_1) \} \quad \dots (5)$$

) 直線 $Q_i P_j$ を $y-z$ 面へ投影したときの z 軸とのなす角度 θ_{yz} は、

$$\theta_{yz} = \tan^{-1} \{ (y_2 - y_1) / (z_2 - z_1) \} \quad \dots (6)$$

) であり、また、仮想点光源 Q_i の初期位相 ϕ_{WLci} は仮想点光源 Q_i 間で相互に無関係に一定に設定される。

【0029】

以上の説明から明らかなように、CGH12として同一面に記録再生可能にする複数の画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} の面に多数の仮想点光源 Q_i (x_1 , y_1 , z_1) を設定し、各仮想点光源 Q_i から発散する発散光の放射輝度角度分布 $A_{WLci}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ を、放射角度方向に応じて角度分割し、異なる分割角度内では異なる画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} のその仮想点光源 Q_i 位置での濃度 I_{11i} 、 I_{21i} 、 \dots 、 I_{mni} に等しい放射輝度に設定し、かつ、仮想点光源 Q_i の初期位相 ϕ_{WLci} は仮想点光源 Q_i 間で相互に無関係に一定に設定して、このような仮想点光源 Q_i からの発散光の位相と振幅をホログラフィックに記録（参照光2との干渉記録）することにより、観察方向に応じて異なる画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} が再生可能な本発明のCGH12が得られる。

【0030】

このようにして記録したCGH12に、図2に示すように、参照光2と同じ波長 λ_c の再生照明光15を参照光2と同じ入射角で入射させると、CGH12から回折される回折光16によって画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} が虚像として仮想点光源群11の面に重なって再生される。ただし、各画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots

、 I_{mn} に関する回折光 16 は、回折角度方向に応じて角度分割されており、仮想点光源群 11 の面の仮想点光源 Q_i (x_1, y_1, z_1) の位置からは、 $\theta_{xz0} \sim \theta_{xz1}$ 、 $\theta_{yz0} \sim \theta_{yz1}$ の範囲では画像 I_{11} を再生する回折光 16 が、 $\theta_{xz1} \sim \theta_{xz2}$ 、 $\theta_{yz0} \sim \theta_{yz1}$ の範囲では画像 I_{21} を再生する回折光 16 が、 \dots 、 $\theta_{xzm-1} \sim \theta_{xzm}$ 、 $\theta_{yzn-1} \sim \theta_{yzn}$ の範囲では画像 I_{mn} を再生する回折光 16 が回折される。

【0031】

図2を参照にして分かりやすく言えば、仮想点光源 Q_i (x_1, y_1, z_1) から視差 1 方向に出る回折光 16 によって、第 1 の画像 I_1 例えば文字 “A” のその仮想点光源 Q_i (x_1, y_1, z_1) 位置の画素の濃度を振幅として持った波となり、視差 2 方向に出る回折光 16 によって、第 2 の画像 I_2 例えば文字 “B” のその仮想点光源 Q_i (x_1, y_1, z_1) 位置の画素の濃度を振幅として持った波となり、同様に、視差 8 方向に出る物体波 1 には、第 8 の画像 I_8 例えば文字 “H” のその仮想点光源 Q_i (x_1, y_1, z_1) 位置の画素の濃度を振幅として持った波となり、観察者 M がそれぞれの視差方向を見ることにより仮想点光源群 11 の面での全ての画素の集合として、これらの画像 “A”、“B”、 \dots 、“H” を視差方向に応じて選択的に観察することができる。また、観察者には視点を移動させることによりこれらの画像 “A”、“B”、 \dots 、“H” が切り替わって見える。

【0032】

次に、このような CGH 12 をバイナリホログラムとして作成する方法を図3に基づいて説明する。ステップ ST1 で、CGH 化する複数の画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} の形状が定義される。次いで、ステップ ST2 で、仮想点光源群 11、CGH 12、参照光 2 の空間配置と、仮想点光源群 11 のサンプリング点 (Q_i) と CGH 12 のサンプリング点 (P_j) が定義される。次いで、ステップ ST3 で、各仮想点光源毎に放射輝度角度分布 $A_{wLci}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ を、放射角度方向に応じて角度分割し、異なる分割角度内では異なる画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} のその仮想点光源 Q_i 位置での濃度 I_{11i} 、 I_{21i} 、 \dots 、 I_{mni} に等しい放射輝度として求める。そして、ステップ ST4 で、式 (1) と (2) に

より、CGH12の面での物体光の複素振幅値 $O_{WLc}(x_2, y_2, z_2)$ と、参照光2の複素振幅値 $R_{WLc}(x_2, y_2, z_2)$ を計算する。その後、ステップST5で、式(3)により、CGH12の面上に定義された各サンプル点において、物体光と参照光との干渉縞の強度が求められ、干渉縞データが得られる。次に、ステップST6で、得られた干渉縞データは量子化された後、ステップST7で、EB描画用矩形データに変換され、ステップST8で、EB描画装置により媒体に記録され、CGH12が得られる。

【0033】

なお、図1の場合は、仮想点光源 Q_i からの物体波がx方向、y方向のCGH12の全てのセル P_j に入射するようになっているが、y軸に垂直な多数のスライス面で仮想点光源群11とCGH12を区切り、そのスライス面内に物体波の入射範囲を制限するようにしてもよい。

【0034】

また、図1では仮想点光源として2次元面内の点光源を用いているが、y方向に延びy方向には光の広がらない線光源を用いるようにしてもよい。

【0035】

さらに、図1の場合は、物体光(物体波)1の複素振幅値 $O_{WLc}(x_2, y_2, z_2)$ をホログラムとして固定するのに、参照光2との干渉による方式を用いているが、物体波の複素振幅を直接再生するLohmannの方法やLeeの方法(非特許文献1)によってもよく、また、本発明者が特許文献2で提案した方法によってもよい。また、図1の説明では、各仮想点光源 Q_i から発散する発散光の放射輝度角度分布 $A_{WLci}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ に対応させる画像の値としては、仮想点光源 Q_i 位置での画素の濃度としたが、これに限らず、その画素の濃度と一定の関係にある値、例えば、濃度をXとして、 \sqrt{X} 、 $X^{1/a}$ (a:定数)等を用いてもよい。

【0036】

図4に、本発明の計算機合成ホログラムの別の形態の説明図を示す。この形態は、図1の仮想点光源群11とCGH12とを入れ換えて、仮想点光源群11を仮想集光点群13で置き換えたものである。図4に示すように、z軸に沿ってプ

ラス方向にCGH12、仮想集光点群13、観察者Mの順に配置し、CGH12の中心を座標原点とし、x軸、y軸を相互に直交し、z軸に直交する方向に定める。仮想集光点群13の座標を (x_1, y_1, z_1) 、CGH12の座標を (x_2, y_2, z_2) とし、i番目の仮想集光点を $Q_i(x_1, y_1, z_1)$ (仮想点光源と同じ記号を用いる。)とし、CGH12のj番目のセルを $P_j(x_2, y_2, z_2)$ とし、 Q_i と P_j を結ぶ直線 $Q_i P_j$ とする。観測者Mの視点が直線 $Q_i P_j$ の延長線上にあるとし、観測者Mの視点から観察可能な仮想集光点 $Q_i(x_1, y_1, z_1)$ での θ_{xz} 、 θ_{yz} 方向の波長 λ_c での放射輝度を $T_{WLCi}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ とする。ここで、 θ_{xz} は直線 $Q_i P_j$ をx-z面へ投影したときのz軸とのなす角度、 θ_{yz} は直線 $Q_i P_j$ をy-z面へ投影したときのz軸とのなす角度である。

【0037】

仮想集光点 Q_i の初期位相を ϕ_{WLCi} 、 r_{ij} を Q_i と P_j の距離とすると、 $P_j(x_2, y_2, z_2)$ に入射する物体波の複素振幅値 $O_{WLC}(x_2, y_2, z_2)$ は、前記式(1)の代わりに、

$$O_{WLC}(x_2, y_2, z_2) = \sum_{i=1}^M \{ T_{WLCi}(\theta_{xz}, \theta_{yz}) / |r_{ij}| \} \\ \times \exp [j \{ - (2\pi / \lambda_c) |r_{ij}| + \phi_{WLCi} \}] \quad \dots (1')$$

【0038】

ここで、仮想集光点 $Q_i(x_1, y_1, z_1)$ から観察者側に放射する放射輝度 $T_{WLCi}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ を θ_{xz} 、 θ_{yz} に関して角度分割して、それぞれの分割角度内では別々の画像のその仮想集光点 $Q_i(x_1, y_1, z_1)$ の位置での画素のその角度方向の放射輝度を割り当てる。例えば、 θ_{xz} を $-\pi/2 \sim \pi/2$ の角度範囲で $\theta_{xz0} \sim \theta_{xz1} \sim \theta_{xz2} \sim \dots \sim \theta_{xzm}$ 、 θ_{yz} を $-\pi/2 \sim \pi/2$ の角度範囲で $\theta_{yz0} \sim \theta_{yz1} \sim \theta_{yz2} \sim \dots \sim \theta_{yzn}$ に例えば等角度間隔に角度分割し、 $\theta_{xz0} \sim \theta_{xz1}$ 、 $\theta_{yz0} \sim \theta_{yz1}$ の範囲には画像I₁₁の仮想集光点

Q_i の位置での濃度 I_{11i} を、 $\theta_{xz1} \sim \theta_{xz2}$ 、 $\theta_{yz0} \sim \theta_{yz1}$ の範囲には画像 I_{21} の仮想点集光点 Q_i の位置での濃度 I_{21i} を、 \dots 、 $\theta_{xzm-1} \sim \theta_{xzm}$ 、 $\theta_{yzn-1} \sim \theta_{yzn}$ の範囲には画像 I_{mn} の仮想集光点 Q_i の位置での濃度 I_{mni} を放射輝度を割り当てる。

【0039】

すなわち、分かりやすく言えば、図4において、仮想集光点 Q_i (x_1 , y_1 , z_1) に一旦収束して視差1方向に出る物体波1には、第1の画像 I_1 例えば文字“A”の画素位置 i での濃度を振幅として持った波とし、視差2方向に出る物体波1には、第2の画像 I_2 例えば文字“B”の画素位置 i での濃度を振幅として持った波とし、同様に、視差8方向に出る物体波1には、第8の画像 I_8 例えば文字“H”の画素位置 i での濃度を振幅として持った波とし、これらの“A”、“B”、 \dots 、“H”の画素位置 i での濃度を視差方向に応じて同時に持った物体波1を合成する。その物体波1が式(1')で表される。

【0040】

ここで、CGH12に入射する平行光からなる参照光2の入射ベクトルを (R_x , R_y , R_z)、その波長 λ_c の振幅を R_{WLc0} 、その座標原点での位相を ϕ_{RWLc} とすると、参照光2の複素振幅値 R_{WLc} (x_2 , y_2 , z_2) は、図1の場合と同様に、

$$R_{WLc}(x_2, y_2, z_2) = R_{WLc0} \cdot \exp \left[j \left\{ (2\pi / \lambda_c) \times (R_x x_2 + R_y y_2 + R_z z_2) / (R_x^2 + R_y^2 + R_z^2)^{1/2} + \phi_{RWLc} \right\} \right] \dots (2)$$

) となる。

【0041】

P_j (x_2 , y_2 , z_2) での物体波1と参照光2とによる干渉縞の強度値 I_{WLc} (x_2 , y_2 , z_2) は、同様に、

$$I_{WLc}(x_2, y_2, z_2) = |O_{WLc}(x_2, y_2, z_2) + R_{WLc}(x_2, y_2, z_2)|^2 \dots ($$

3) となる。

【0042】

以上において、 Q_i と P_j の距離 r_{ij} は、

$$r_{ij} = \{ (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 \}^{1/2} \quad \dots (4)$$

) 直線 $Q_i P_j$ を $x-z$ 面へ投影したときの z 軸とのなす角度 θ_{xz} は、

$$\theta_{xz} = \tan^{-1} \{ (x_2 - x_1) / (z_2 - z_1) \} \quad \dots (5)$$

) 直線 $Q_i P_j$ を $y-z$ 面へ投影したときの z 軸とのなす角度 θ_{yz} は、

$$\theta_{yz} = \tan^{-1} \{ (y_2 - y_1) / (z_2 - z_1) \} \quad \dots (6)$$

) であり、また、仮想集光点 Q_i での位相 ϕ_{WLCi} は仮想集光点 Q_i 間で相互に無関係に一定に設定される。

【0043】

以上の説明から明らかなように、CGH12として同一面に記録再生可能にする複数の画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} の面に多数の仮想集光点 Q_i (x_1 , y_1 , z_1) を設定し、各仮想集光点 Q_i に入射する収束光の輝度角度分布 T_{WLCi} (θ_{xz} , θ_{yz}) を放射角度方向に応じて角度分割し、異なる分割角度内では異なる画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} のその仮想集光点 Q_i 位置での濃度 I_{11i} 、 I_{21i} 、 \dots 、 I_{mni} に等しい放射輝度に設定し、かつ、仮想集光点 Q_i の初期位相 ϕ_{WLCi} は仮想集光点 Q_i 間で相互に無関係に一定に設定して、このような仮想集光点 Q_i に入射する収束光をの位相と振幅をホログラフィックに記録（参照光2との干渉記録）することにより、観察方向に応じて異なる画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} が再生可能な本発明のCGH12が得られる。

【0044】

このようにして記録したCGH12に、図5に示すように、参照光2と同じ波長 λ_c の再生照明光15を参照光2と同じ入射角で入射させると、CGH12から回折される回折光16によって画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} が実像として仮想集光点群13の面に重なって再生される。ただし、各画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} に関する回折光16は、回折角度方向に応じて角度分割されており、仮想集光点群13の面の仮想集光点 Q_i (x_1 , y_1 , z_1) の位置からは、 θ_{xz0}

$\sim \theta_{xz1}$ 、 $\theta_{yz0} \sim \theta_{yz1}$ の範囲では画像 I_{11} を再生する回折光 16 が、 $\theta_{xz1} \sim \theta_{xz2}$ 、 $\theta_{yz0} \sim \theta_{yz1}$ の範囲では画像 I_{21} を再生する回折光 16 が、 \dots 、 $\theta_{xzm-1} \sim \theta_{xzm}$ 、 $\theta_{yzn-1} \sim \theta_{yzn}$ の範囲では画像 I_{mn} を再生する回折光 16 が回折される。

【0045】

図5を参照にして分かりやすく言えば、仮想集光点 $Q_i (x_1, y_1, z_1)$ から視差1方向に出る回折光16によって、第1の画像 I_1 例えば文字“A”のその仮想集光点 $Q_i (x_1, y_1, z_1)$ 位置の画素の濃度を振幅として持った波となり、視差2方向に出る回折光16によって、第2の画像 I_2 例えば文字“B”のその仮想集光点 $Q_i (x_1, y_1, z_1)$ 位置の画素の濃度を振幅として持った波となり、同様に、視差8方向に出る物体波1には、第8の画像 I_8 例えば文字“H”のその仮想集光点 $Q_i (x_1, y_1, z_1)$ 位置の画素の濃度を振幅として持った波となり、観察者Mがそれぞれの視差方向を見ることにより仮想集光点群13の面での全ての画素の集合として、これらの画像“A”、“B”、 \dots 、“H”を視差方向に応じて選択的に観察することができる。また、観察者には視点を移動させることによりこれらの画像“A”、“B”、 \dots 、“H”が切り替わって見える。

【0046】

次に、このようなCGH12をバイナリホログラムとして作成する方法を図6に基づいて説明する。ステップST1で、CGH化する複数の画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} の形状が定義される。次いで、ステップST2で、CGH12、仮想集光点群13、参照光2の空間配置と、仮想集光点群13のサンプリング点 (Q_i) とCGH12のサンプリング点 (P_j) が定義される。次いで、ステップST3で、各仮想集光点毎に放射輝度角度分布 $T_{wLci}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ を、放射角度方向に応じて角度分割し、異なる分割角度内では異なる画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} のその仮想集光点 Q_i 位置での濃度 I_{11i} 、 I_{21i} 、 \dots 、 I_{mni} に等しい放射輝度として求める。そして、ステップST4で、式(1')と(2)により、CGH12の面での物体光の複素振幅値 $O_{wLc}(x_2, y_2, z_2)$ と、参照光2の複素振幅値 $R_{wLc}(x_2, y_2, z_2)$ を計算する。その後、ステ

ップST5で、式(3)により、CGH12の面上に定義された各サンプル点において、物体光と参照光との干渉縞の強度が求められ、干渉縞データが得られる。次に、ステップST6で、得られた干渉縞データは量子化された後、ステップST7で、EB描画用矩形データに変換され、ステップST8で、EB描画装置により媒体に記録され、CGH12が得られる。

【0047】

なお、図4の場合は、仮想集光点 Q_i へ入射する物体波がx方向、y方向のCGH12の全てのセル P_j に入射するようになっているが、y軸に垂直な多数のスライス面で仮想集光点群13とCGH12を区切り、そのスライス面内に物体波の入射範囲を制限するようにしてもよい。

【0048】

また、図4では仮想集光点として2次元面内の集光点を用いているが、y方向に延びy方向には光の広がらない集光線を用いるようにしてもよい。

【0049】

さらに、図4の場合は、物体光1の複素振幅値 $O_{WLc}(x_2, y_2, z_2)$ をホログラムとして固定するのに、参照光2との干渉による方式を用いているが、物体波の複素振幅を直接再生するLohmannの方法やLeeの方法(非特許文献1)によってもよく、また、本発明者が特許文献2で提案した方法によってもよい。また、図4の説明では、各仮想集光点 Q_i へ収束する収束光の放射輝度角度分布 $T_{WLci}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ に対応させる画像の値としては、仮想集光点 Q_i 位置での画素の濃度としたが、これに限らず、その画素の濃度と一定の関係にある値、例えば、濃度をXとして、 \sqrt{X} 、 $X^{1/a}$ (a:定数)等を用いてもよい。

【0050】

以上の本発明によるCGH12に記録する複数の画像としては、立体物の観察方向を変化させることにより得られる視差画像であっても、観察方向が変わると全く別の絵になる変わり絵であっても、あるいは、視線の変化によって変化する一連のアニメーション画像であってもよい。

【0051】

また、仮想点光源から出る発散光、あるいは、仮想集光点に収束する収束光は、CGH12の面において、隣接する仮想点光源から出る発散光、あるいは、隣接する仮想集光点に収束する収束光と重畳するように記録してもよいし、重畳しないで別々になるように記録してもよい。前者の場合、言い換えると、仮想点光源又は仮想集光点の配置間隔が1つの点光源又は集光点からの物体波がCGH面に広がる幅より狭い場合には、記録できる画像の枚数がより多くなり、解像度もより高くなるが、干渉縞が重なる分ノイズが多少多くなる。また、放射輝度 $A_{WLCi}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ 、放射輝度 $T_{WLCi}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ のx方向、y方向の角度分割に関しては、等角度分割でも、CGH12の面上で等間隔になる角度分割でも、また、その他の分割でもよい。また、CGH面で重畳するように記録する場合には、初期位相 ϕ_{WLCi} を前記のように相互に無関係に一定に設定すると、再生像のムラが減り、品質が向上する。CGH面で重畳しない場合には、初期位相 ϕ_{WLCi} は相互に関係するように一定に設定してもよい。

【0052】

また、画像をCGH面から離す距離は1mm以内とすると、鮮明な像が観察できるようになりより好ましい。

【0053】

なお、本発明の計算機合成ホログラムにおいて、ホログラム面内に図1のホログラムと図4のホログラムが並列して存在するように構成してもよい。

【0054】

以上、本発明の計算機合成ホログラムをその原理に基づいて説明してきたが、本発明はこれらの形態に限定されず種々の変形が可能である。

【0055】

【発明の効果】

以上の説明から明かなように、本発明の計算機合成ホログラムによると、異なる複数の画像を再生する面であって、ホログラム面から離れた面に、放射方向に応じて異なった画像のその方向の放射輝度を持った仮想点光源あるいは集光方向に応じて異なった画像のその方向の輝度に等しい放射輝度を持った仮想集光点を多数定義し、それらの仮想点光源から放射する光あるいはそれらの仮想集光点

に集光する光を仮想的な物体光として計算機合成ホログラムを作成するようにしたので、高解像度で多数の画像を記録再生できるホログラム撮影の不要な計算機合成ホログラムが得られる。本発明により、例えば、解像度が高く視差数の多い計算機合成ホログラフィックステレオグラムが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の計算機合成ホログラムの原理を説明するための図である。

【図 2】

図 1 による計算機合成ホログラムから観察者がそれぞれの視差方向に応じて選択的に異なる画像を観察することができる様子を説明するための図である。

【図 3】

図 1 による計算機合成ホログラムの作成方法を説明するための図である。

【図 4】

本発明の別の形態の計算機合成ホログラムを説明するための図である。

【図 5】

図 4 による計算機合成ホログラムから観察者がそれぞれの視差方向に応じて選択的に異なる画像を観察することができる様子を説明するための図である。

【図 6】

図 4 による計算機合成ホログラムの作成方法を説明するための図である。

【符号の説明】

M…観察者

1…物体波（物体光）

2…参照光

1 1…仮想点光源群

1 2…CGH 1 2

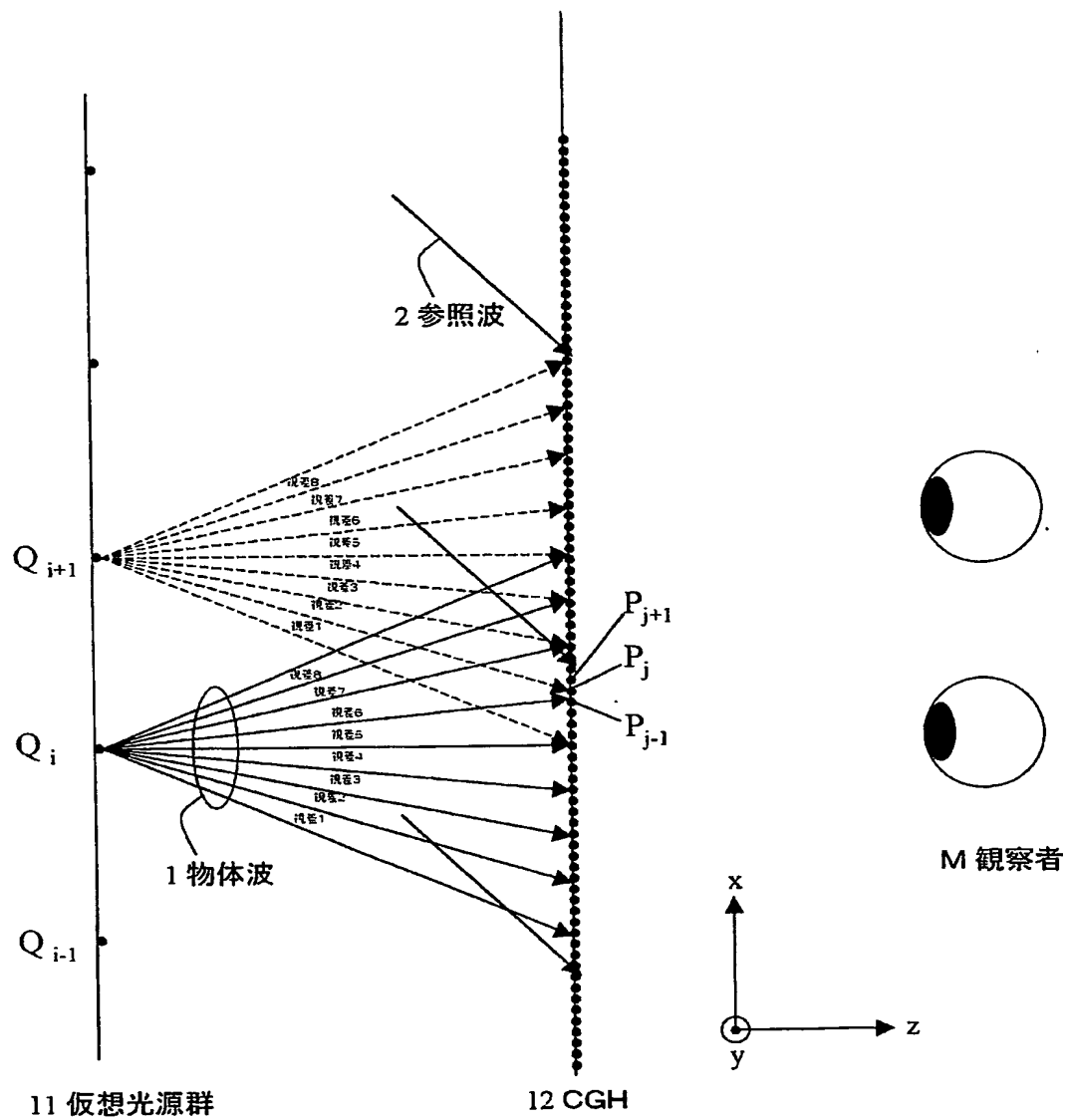
1 3…仮想集光点群

1 5…再生照明光

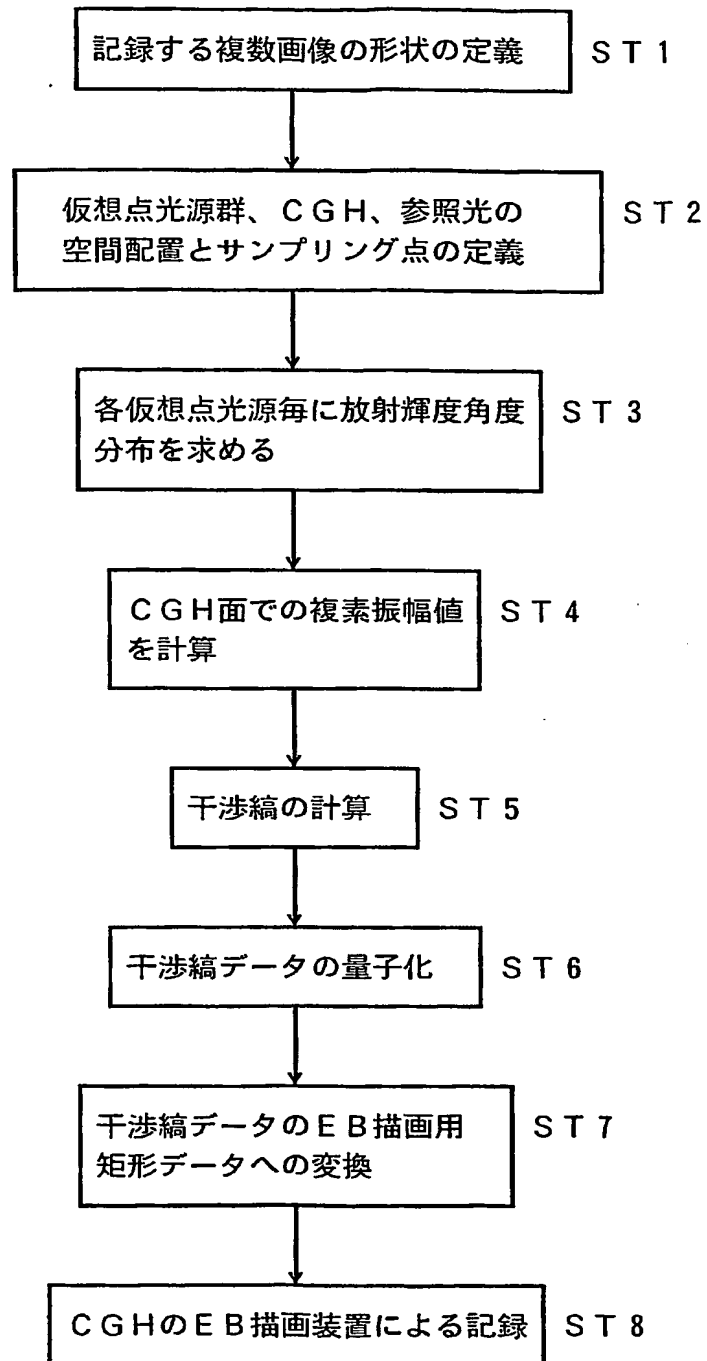
1 6…回折光

【書類名】 図面

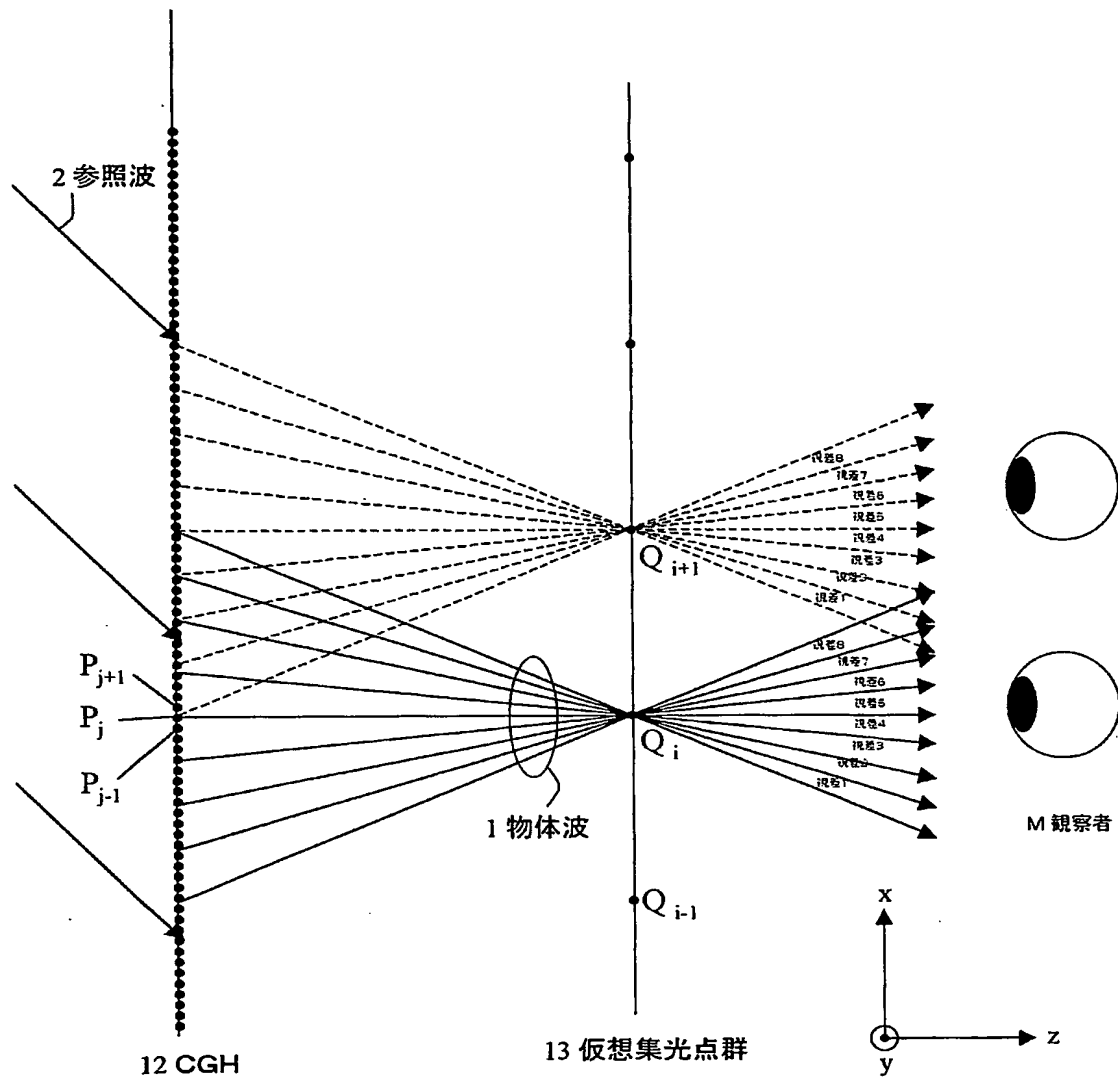
【図 1】



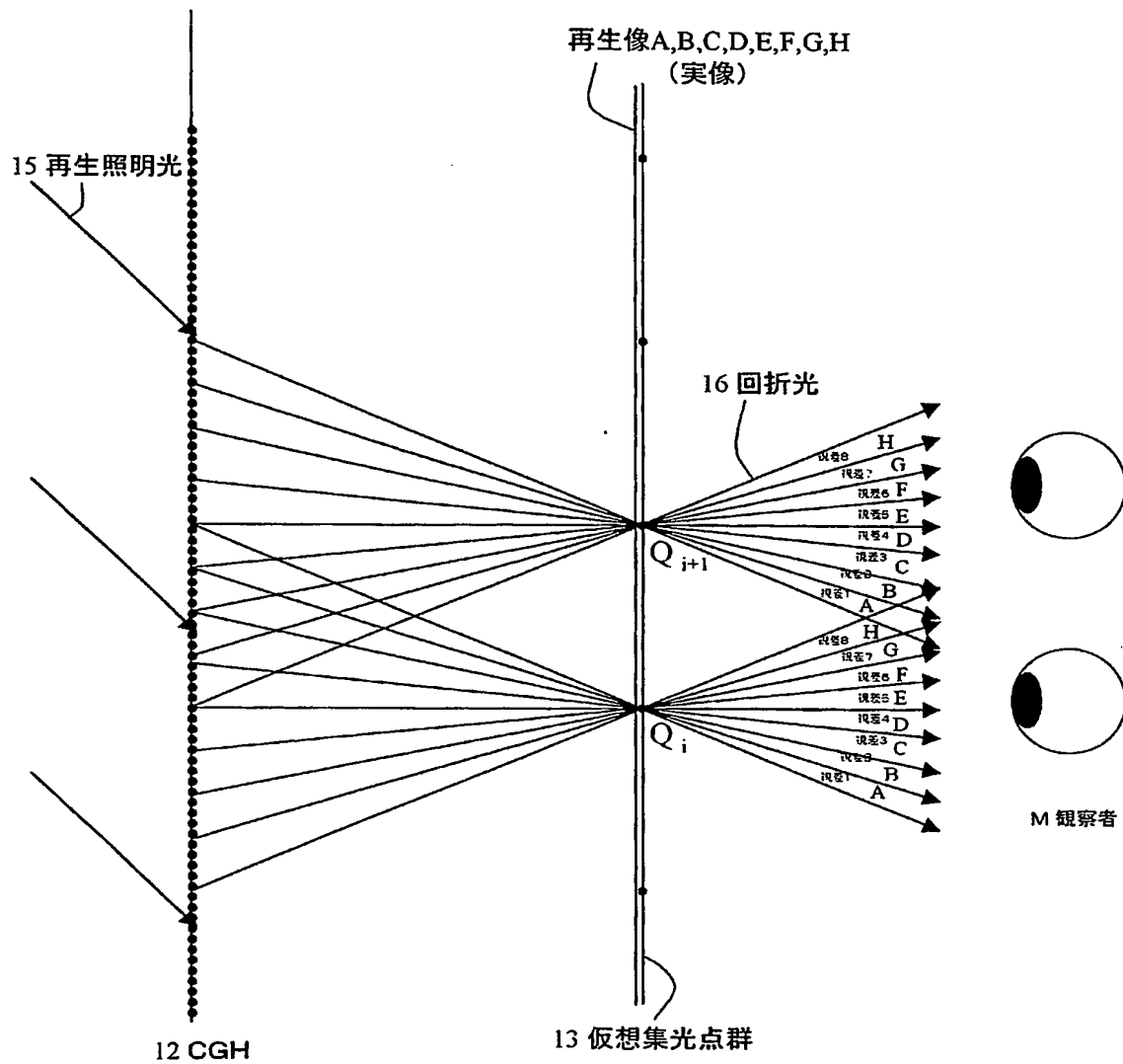
【図 3】



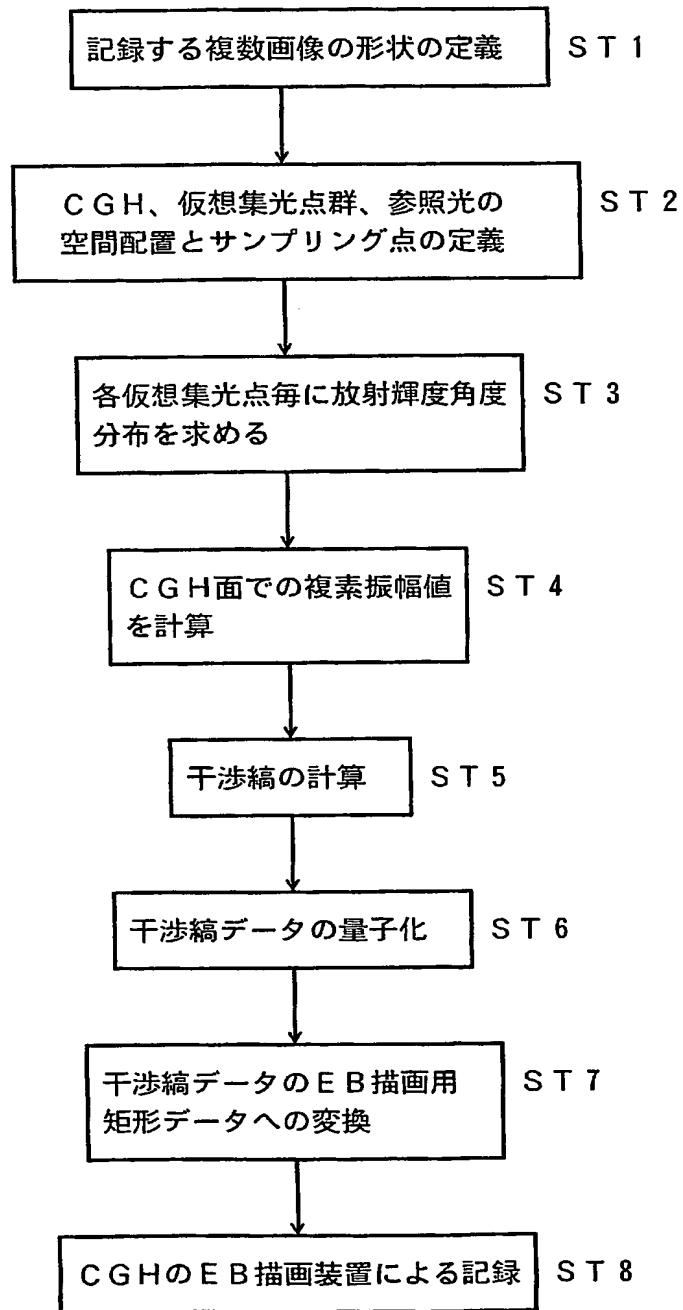
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 非常に解像度が高く、視差数の多い計算機合成ホログラフィックステレオグラムを提供する。

【解決手段】 観察方向に応じて複数の画像が選択的に再生可能な計算機合成ホログラムであり、ホログラム 12 の観察側と反対側に空間的に仮想点光源群 11 が設定され、仮想点光源群の各々の仮想点光源 Q_i から観察側へ発散する発散光の放射輝度角度分布 $A_{WLci}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ が角度分割されて、それぞれの分割角度内では仮想点光源群 11 の面に位置する別々の画像のその仮想点光源位置での画素の濃度に等しい振幅の点から発散する発散光に等しいものに設定されてなる発散光が物体光 1 として仮想点光源群の発散光入射側の何れかの位置で記録されてなる計算機合成ホログラム。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 1 0 1 7 3 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 8 9 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都新宿区市谷加賀町一丁目 1 番 1 号

氏 名

大日本印刷株式会社